

**Das Verhalten des Ruhe-EKG
untrainierter Personen vor und
nach einer vierwöchigen
Kreislauftrainingskur**

von

PETER GELIUS

aus Wunsiedel

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Das Verhalten des Ruhe-EKG untrainierter Personen vor und nach einer vierwöchigen Kreislauftrainingskur

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

PETER GELIUS

aus Wunsiedel

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. Dr. H. Pauly
Referent: Priv.-Doz. Dr. E. Lang
Korreferent: Professor Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 24. August 1972

M E I N E N
E L T E R N
G E W I D M E T

Sehr herzlich danken wir
Herrn Prof. Dr. C. Korth
für die Überlassung des Themas,

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. E.Lang
für die Betreuung der Arbeit,
Herrn Dr. med. W.Haas
für die Hilfe bei den Computer-Arbeiten.

G l i e d e r u n g

	Seite
1. Einleitung	1
2. Methodik	2
Beschreibung der Probanden	2
Beschreibung des Trainingsprogrammes	2
Beschreibung des Untersuchungsganges	3
Auswertung des EKG	3
Statistik	5
3. Ergebnisse und Diskussion	7
Das Verhalten der Pulsperiodendauer	7
Das Verhalten der Zacken P und T ausgedrückt durch den Quotienten P/T	8
Das Verhalten der relativen QT-Dauer	10
Das Verhalten der maximalen PQ-Zeit	15
Das Verhalten der elektrischen Herzachse und des Winkels $\bar{A}$ QRS $\cdot$ $\bar{A}$ T	16
Das Verhalten der R-Zacke	20
Das Verhalten des Quotienten R/S	22
Das Verhalten des Hypertrophiequotienten	27
Das Verhalten des Sokolow-Indexes	32
Das Verhalten des Quotienten R/T	33
4. Schlußfolgerung	39
5. Zusammenfassung	40
6. Literaturangabe	



Digitized by the Internet Archive
in 2026

1. E i n l e i t u n g

Immer mehr rücken Herz- und Kreislauferkrankungen an die Spitze aller Todesursachen. Als Ursache dafür wird die abnehmende physische Aktivität des modernen Menschen in Beruf und Freizeit angeführt (Heyden 1964, Pelling 1953). In der Bundesrepublik wurden deshalb in den letzten Jahren an vielen Plätzen Kurheime sowohl von öffentlichen Versicherungsträgern als auch von privaten Industrieunternehmen eingerichtet, in denen eine organisierte Erholung durchgeführt wird. Das bedeutet, daß gesunde, arbeitsfähige Menschen als Vorsorgemaßnahme oder aber Patienten mit Herz- und Kreislauferkrankungen zur Rehabilitation an sogenannten Trainingskuren oder aktiven Übungsbehandlungen teilnehmen können.

Die Zahl der Anhänger und Vertreter dieser Form von Kuren ist relativ groß und steht in keinem Verhältnis zu der kleinen Anzahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen, in denen versucht wird, die Wirkung einer derartigen Übungsbehandlung auf den gesunden oder kranken Menschen zu objektivieren.

In der vorliegenden Arbeit soll die Frage geklärt werden,

ob eine Trainingskur eine meßbare Veränderung im Ruheelektrokardiogramm gesunder arbeitsfähiger Menschen bewirkt, durch die sich ein "Kurerfolg" objektivieren läßt.

Eine besondere Berücksichtigung fand dabei der Trainings-
einfluß auf das EKG in Abhängigkeit vom Alter.

2. M e t h o d i k

Beschreibung der Probanden

Unsere Untersuchungen wurden an 45 Personen durchgeführt.
Dabei handelte es sich durchwegs um mittlere und höhere
Angestellte eines großen deutschen Industrieunternehmens,
die beruflich keinen größeren körperlichen Belastungen
ausgesetzt sind.

Das Durchschnittsalter betrug 42,8 Jahre, mit folgender
Altersgruppenverteilung:

<u>Alter:</u>	<u>Anzahl d. Personen:</u>
31 - 40	17
41 - 50	23
51 - 60	5

Als Kurindikation wurden registriert:

uncharakteristische Herzbeschwerden - labile Hypertonie -
vegetative Dysregulation - hyperkinetisches Herzsyndrom -
und gesund, aber erholungsbedürftig.

Alle Personen waren in einem guten Allgemein- und Er-
nährungszustand und nicht ernsthaft krank.

Beschreibung des Trainingsprogramms

Das Programm umfaßte eine Vielfalt sportlicher Übungen
wie Morgengymnastik, Schwimmen, Wandern, verschiedene

Ballspiele u.a. Außerdem war eine Teilnahme an Atemschulungsmaßnahmen, autogenem Training und balneologisch-physikalischer Therapie möglich.

Das Kollektiv wurde dem Alter nach in eine Junioren- (bis 45 Jahre) und eine Seniorengruppe (ab 46 Jahren) aufgeteilt.

Die sportlichen Anforderungen waren der jeweiligen Altersgruppe angepaßt und so gehalten, daß sie eine Pulsfrequenz von 130/min. nicht überstiegen (telemetrische Messungen Dr. Haas).

Beschreibung des Untersuchungsganges

Die Probanden wurden zweimal untersucht. Zunächst unmittelbar nach der Ankunft und vor Aufnahme des Trainings und dann bei Beendigung des Kuraufenthaltes.

Sie fanden sich ca. 10 Min. vor Beginn der Untersuchung in unserem extraklinischen Labor ein. Nach dieser Ruhezeit wurde das Ruhe-EKG mittels eines Sechsfachschreibers Typ "Cardirex" der Firma Siemens registriert mit einer Papiergeschwindigkeit von 50 mm/sec. und der Verstärkung $1 \text{ mV} = 10 \text{ mm}$.

Auswertung des EKG

Die Beurteilung des EKG wurde nach den von Butschenko (1967 S. 14) ausgearbeiteten Kriterien bestimmt. Der Verlauf der isoelektrischen Strecke wurde also nach dem wahrscheinlichen Abfall von T über PQ hin nach ST ex-

trapoliert, wenn nicht die PQ-Strecke selbst eindeutig die isoelektrische Linie darstellte. Diese Auswertung erfordert viel Kritik und wurde in allen Fällen von ein und demselben Auswerter vorgenommen.

Aus den Standardableitungen wurden bestimmt:

der mittlere RR-Abstand

die maximale PQ-Zeit

die relative QT-Dauer nach den Angaben von Simonson (1961, 1962)

die PT-Dauer aus Ableitung II

weiterhin in allen drei Ableitungen die Amplituden der

P-, Q-, R-, S-, T-Zacken

die zur Bestimmung der mittleren elektr. Achse der Zacken P, T und der QRS-Gruppe nach der Methode von Butschenko (1967, S. 20/21) nötig waren, außerdem bildeten wir noch den Quotienten P/T aus Ableitung II.

Aus den unipolaren Brustwandableitungen bestimmten wir ferner die Amplituden

der P-, R-, S-, T-Zacken

und bildeten folgende Quotienten:

- $R/R+S$ (nach Korth)

- R/S (nach Butschenko)

- R/T (nach Butschenko)

- P/T

- Sokolow-Index

Statistik

Um die erhaltenen Werte objektiver beurteilen zu können und festzustellen, inwieweit das Alter der Probanden und andere Faktoren eine Rolle spielen, wurden die Mittelwerte (M), die Standardabweichung (S) und die mittleren Fehler (m) berechnet.

Die Zuverlässigkeit der Differenz der Mittelwerte wurde mit Hilfe der t -Verteilung nach Student bestimmt, wobei $\bar{x}$ den Mittelwert der Verteilung vor und $\bar{y}$ den Mittelwert nach der Kur bezeichnet. Da hierbei die Stichproben als unabhängig betrachtet werden müssen (obwohl sie realiter nicht völlig unabhängig sind) spricht dieser Test nur auf sehr markante Unterschiede an.

$$s^2 = \frac{(n_x + n_y) (n_x - 1) s_x^2 + (n_y - 1) s_y^2}{n_y \cdot n_x \cdot (n_x + n_y - 2)}$$

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{s}$$

$$f = n_x + n_y - 2$$

Hierbei ist

s_x bzw. s_y = Standardabweichung vor bzw. nach der Kur

s_x^2 bzw. s_y^2 = Varianz vor bzw. nach der Kur

Die Anzahl der Freiheitsgrade beträgt $n-2$.

Wird in folgendem zu dem Wert einer Prüfgröße ein Wert für p angegeben, so zeigt dieser das Niveau an, auf dem noch Signifikanz vorliegt. Die Bezeichnungsweise ist:

$0.001 > p$	hochsignifikant
$0.01 > p > 0.001$	signifikant
$0.05 > p > 0.01$	"wahrscheinlich" signifikant
$0.05 < p$	nicht signifikant.

3. E r g e b n i s s e u n d D i s k u s s i o n

Das Verhalten der Pulsperiodendauer

Der Abstand zweier R-Zacken im EKG zeigt die Herzfrequenz an. Das erste beschriebene Symptom eines trainierten Kreislaufs ist die Sinusbradykardie, die im EKG durch einen breiteren RR-Abstand deutlich wird. Der Rückgang der Herzaktion pro min. wird durch die Tonus-erhöhung des N. Vagus bedingt. Diese Schlagzahlverminderung hat zur Folge, daß der Sauerstoffbedarf des Herzens bei gleicher Energieentwicklung geringer wird. Die Anspannungszeit, die Austreibungszeit und die Diastolendauer sind beim trainierten Herzen mit niedrigerer Frequenz in Ruhe verlängert. Eine längere Diastolendauer bedeutet jedoch eine Verbesserung der koronaren Durchblutung und damit einen Parameter für eine verbesserte Kreislaufausgangssituation.

Bei unseren Untersuchungen ergab sich folgendes Bild:

Alters- gruppe	m RR (mm)		vor > nach (%)	vor < nach (%)
	vor	nach		
31-40	41,2	43,4	35,3	58,8
41-50	35,4	39,7	13,0	78,3
51-60	40,1	40,1	20,0	60,0

Beim Gesamtkollektiv und in den einzelnen Altersgruppen ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen der 1. und 2. Untersuchung. Allerdings zeigte sich bei 58,8 % bei den 31 - 40jährigen eine signifikante Erhöhung des RR-Abstandes von 39,1 auf 44,7 mm (wobei $p = 0.01$) und bei 78,3 % der 41 - 50jährigen eine signifikante Erhöhung von 34,6 auf 40,9 mm (wobei $p = 0.01$).

Allerdings kann man dabei noch nicht von einer Sinusbradykardie reden, denn nach Angaben von Butschenko beträgt die Herzfrequenz in Ruhe bei gut trainierten Sportlern durchschnittlich 56,5/min., was einem RR-Abstand von 53 mm entspricht.

Das Verhalten der Zacken P und T, ausgedrückt durch den Quotienten P/T

Nach den Angaben von Butschenko, Reindell u.a., sind niedrige, bis 1 mm große Zacken P eine Besonderheit im Elektrokardiogramm der Sportler. Die Ursache hierfür sehen Herxheimer, Mellerowicz u.a. in der Tonuserhöhung des N. Vagus. Auf der anderen Seite beobachtet man bei Sportlern hohe, von 3,1 bis 9 mm reichende T-Zacken, in der Regel in Ableitung II und I.

Die Genese der Zacke T hängt mit den Stoffwechselvorgängen im Myokard eng zusammen. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Zacke T den Austritt des Herzmuskels aus dem Zustand der Erregung oder die Repolarisation widerspiegelt, welche vom Stoffwechsel im Myokard bestimmt wird.

Durch Untersuchungen von Troschanowa (1951) u. Jakowlew (1955) wurde nachgewiesen, daß das Myoglobin, der anorganische Phosphor und das Glykogen im Herzmuskel während des Trainings beträchtlich zunehmen und die Fermentsysteme ebenfalls stark aktiviert werden, was die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels erhöht.

Wir haben nun versucht, anhand des Quotienten P/T eine Aussage über die Leistungsfähigkeit zu machen. Denn verkleinert sich der Quotient P/T, so bedeutet das, daß entweder der Wert des Zählers kleiner oder der Wert des Nenners größer wurde oder beides gleichzeitig sich verändert hat.

Bei unseren Untersuchungen ergab sich für die Mittelwerte der Quotienten P/T aus Ableitung II und das Verhalten vorher gegenüber nachher folgendes Bild:

Alters- gruppe	P/T (II)			
	vor	nach	vor > nach	vor < nach
31-40	0,5	0,46	53%	47%
41-50	0,68	0,64	56,5 %	43,5%
51-60	0,69	0,6	80%	20%

In den unipolaren Brustwandableitungen erhielten wir für dieses Verhältnis folgende Mittelwerte:

		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
31-40	v	0,59	0,14	0,15	0,16	0,19	0,32
	n	0,66	0,13	0,104	0,11	0,18	0,32
41-50	v	0,5	0,24	0,26	0,26	0,25	0,32
	n	0,46	0,22	0,2	0,21	0,27	0,42
51-60	v	0,18	0,15	0,18	0,21	0,23	0,33
	n	0,28	0,19	0,17	0,2	0,26	0,45

Beim Gesamtkollektiv und den einzelnen Altersgruppen ergab sich keine signifikante Veränderung des Quotienten.

Jedoch bei 53 % der 31 - 40jährigen und bei 56,6 % der 41- 50jährigen zeigte sich eine signifikante Verkleinerung des Quotienten P/T aus Abl. II. Das Verhalten der P-Zacke zur T-Zacke in den Brustwandableitungen zeigen die Abbildungen 1 - 3.

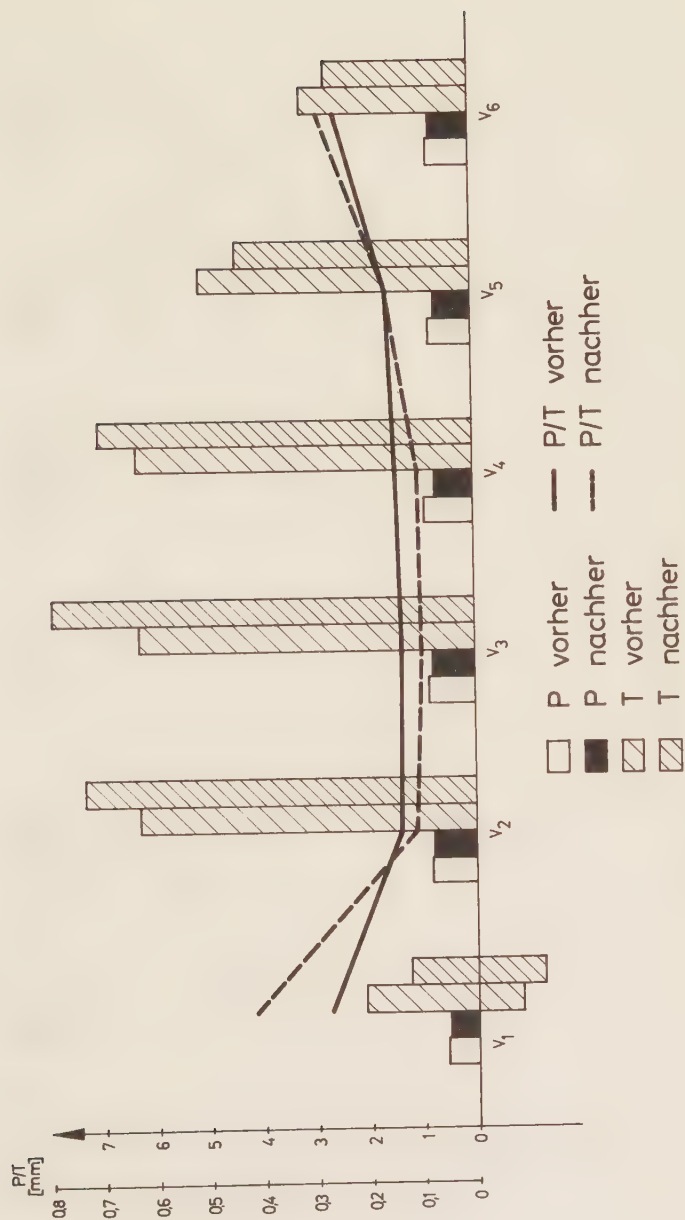
Unter der Annahme, daß die niedrigen P-Zacken die Tonus-erhöhung des N. Vagus und die hohen T-Zacken die besseren Stoffwechselvorgänge im Myokard widerspiegeln, bedeutet das, daß der Quotient P/T als Kriterium für die Ökonomie des Herzmuskels angesehen werden kann.

Das Verhalten der relativen QT-Dauer

Viele Autoren fanden bei Sportlern, in der Hauptsache bei Langstreckenläufern und Skiläufern, eine Verlängerung

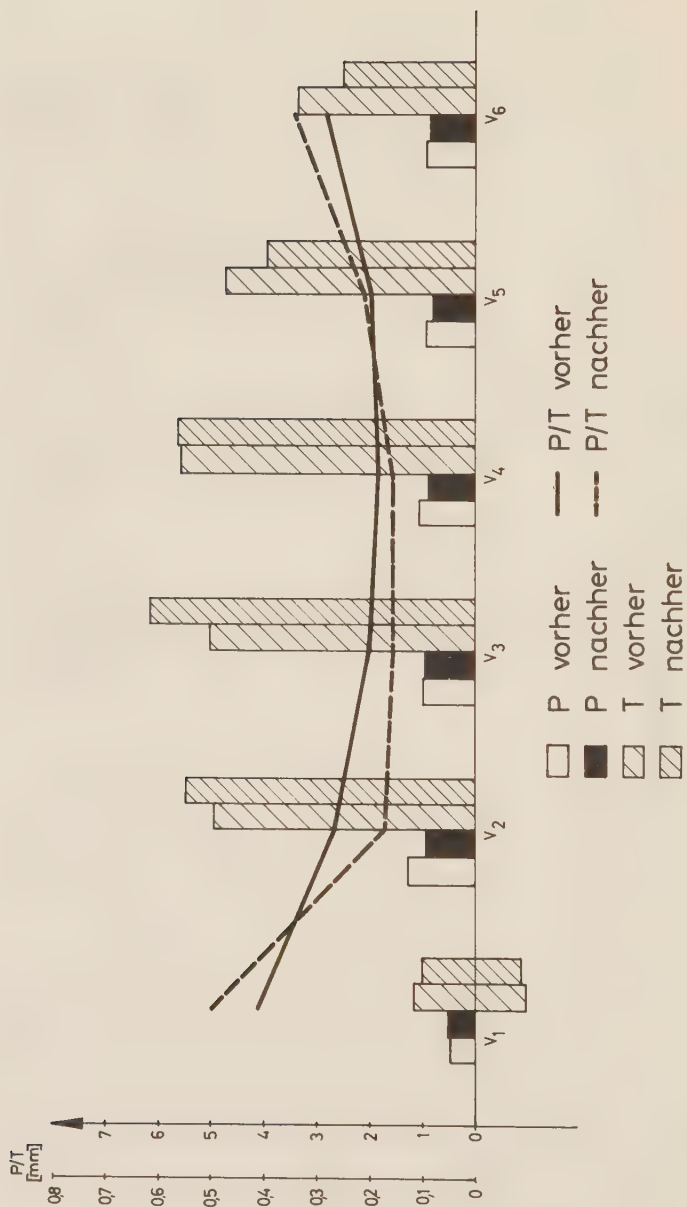
ALTERSKOLLEKTIV 31-40

Abb. 1



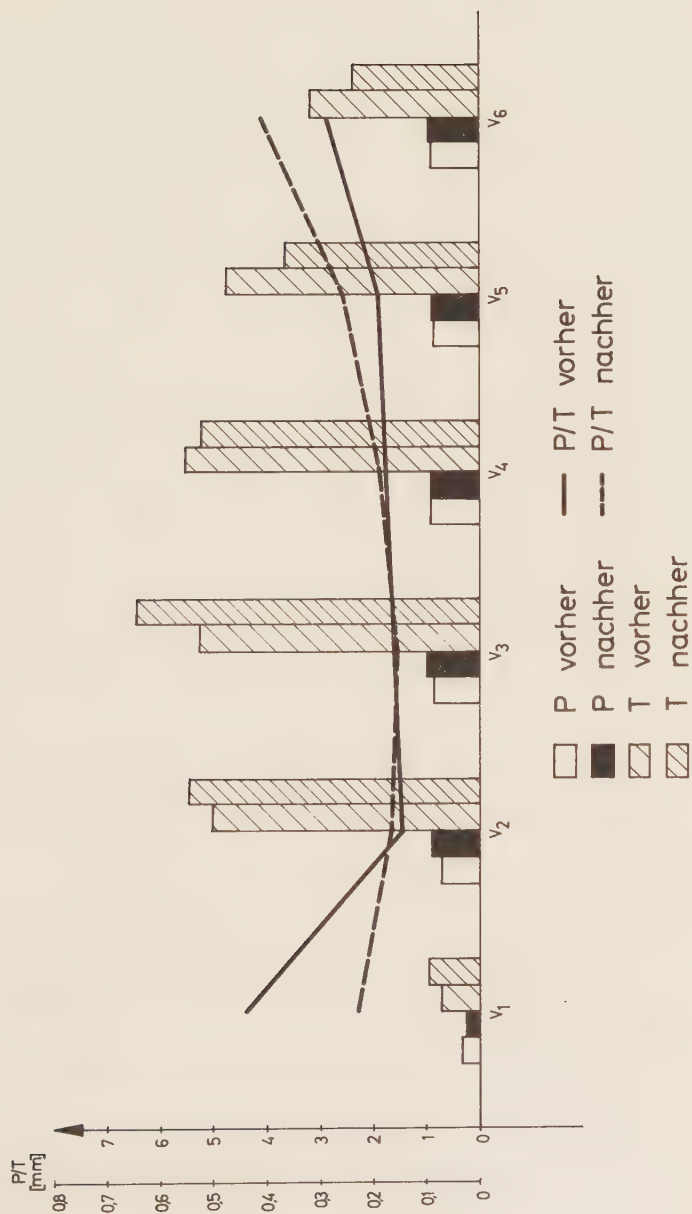
ALTERSKOLLEKTIV 41-50

Abb. 2



ALTERSKOLLEKTIV 51-60

Abb. 3



des Abschnittes QT, verglichen mit den entsprechenden Größen, die nach den Formeln von Friedericia, Hegglin und Holzmann, Schlomka und Raab und Bazett berechnet wurden. Wolf (1957) dagegen stellte bei gut trainierten Radsportlern in den meisten Fällen eine Verringerung der relativen QT-Dauer fest, verglichen mit den entsprechenden Größen berechnet nach Bazett, Hegglin und Holzmann.

Nach Angaben von Blohmke et all. ist bei normalen Personen nach körperlicher Belastung die relative QT-Dauer verkürzt, während bei Patienten mit Erkrankungen der Koronargefäße in einem bestimmten Prozentsatz eine Verlängerung der relativen QT-Dauer gefunden wird (Lepeschkin 1957, 1960). Es wird vermutet, daß die Dauer der relativen QT-Zeit abhängig ist vom Tonus des Sympathikus und Vagus, doch sind die wenigen Versuche nicht bewiesen.

Bei unseren Untersuchungen stellten wir fest, daß vor der Kur die Dauer der relativen QT-Zeit bei allen Probanden im Normbereich der Größen lag, die nach der Formel von Hegglin und Holzmann berechnet wurden.

Nach Beendigung des Kuraufenthaltes zeigte sich uns folgendes Bild für die Mittelwerte des Quotienten QT/RR aus Abl. II:

Alter	vor	nach	vor > nach	vor < nach	vor = nach
31-40	0,43	0,41	64,7 %	35,3 %	
41-50	0,48	0,44	82,6 %	13,05%	4,35 %
51-60	0,46	0,45	60,0 %	40,0 %	

Beim Gesamtkollektiv zeigte sich bereits eine signifikante Erniedrigung der relativen QT-Dauer von 0,46 auf 0,43 (wobei $p = 0.05$), ebenfalls in der Altersgruppe 41- 50 Jahre von 0,48 auf 0,44 (wobei $p = 0.05$).

Der größte signifikante Unterschied war bei 82,6 % der 41 - 50jährigen (0,48 - 0,43, wobei $p = 0.01$) und bei 64,7 % der 31 - 40jährigen (0,45 - 0,41, wobei $p = 0.01$) zu verzeichnen. Diese Tatsache steht im Widerspruch zu den Angaben von Blohmke et al., der keine Beeinflussung der relativen QT-Dauer durch eine vierwöchige Kur feststellen konnte. Die Bestimmung der relativen QT-Dauer scheint uns aber trotzdem ein guter Parameter zu sein, wenn man sich über den funktionellen Zustand des Myokards informieren will.

Das Verhalten der max. PQ-Zeit

Bei Sportlern schwankt die Dauer des Intervalls PQ ebenso wie bei gesunden Nichtsportlern zwischen 0,12 und 0,21 sec.

Die obere Grenze der Norm der Dauer des Intervalls PQ wird häufiger bei Bradykardie beobachtet. In diesen Fällen spiegelt sie die Tonuserhöhung des N. Vagus wieder

(Lepeschkin 1957). Eine genaue Übereinstimmung zwischen der Dauer des Intervalls PQ und der Stärke der Bradykardie gibt es jedoch nicht.

Bei unseren Untersuchungen war folgendes festzustellen:

Alters- gruppe	$\bar{m}$ max vor	PQ(mm) nach	% vor>nach	% vor<nach	% vor=nach
31-40	7,64	7,46	64,7	35,3	
41-50	7,85	7,66	69,5	30,5	
51-60	7,58	7,54	60,0	20,0	20,0

Beim Gesamtkollektiv und in den einzelnen Altersgruppen gab es keine signifikanten Veränderungen. Nur in der Gruppe der 41 - 50jährigen war bei 69,5 % eine signifikante Verkürzung der Dauer des Intervalls PQ von 7,9 mm auf 7,1 mm (wobei $p = 0.05$) zu beobachten (das entspricht 0,158 sec. auf 0,142 sec.).

Das Verhalten der elektrischen Herzachse und des Winkels

$\hat{A}QRS-\hat{A}T$

Für die mittleren elektrischen Achsen der Zacken P, T und des QRS-Komplexes, die als $\hat{A}P$, $\hat{A}T$ und $\hat{A}QRS$ bezeichnet werden, wurde der Winkel mit Hilfe der Axonometrie berechnet. Zwischen der mittleren Achse der Zacke T und der QRS-Gruppe wurde der Winkelabstand bestimmt.

Die elektrische Achse des Herzens (= die mittlere Achse der QRS-Gruppe) kann normal, horizontal und vertikal

gelagert sein, sowie nach rechts oder nach links abweichen. Bei einer normalen Lage beträgt der Winkel α + 30 bis + 70°, bei einer vertikalen Lage + 71 bis + 90° und bei einer horizontalen Lage + 29 bis 0°. Bei einer Abweichung der elektrischen Herzachse nach rechts ist der Winkel größer als 90°, bei einer Abweichung nach links ist er kleiner als 0° (Fogelson 1957). Diese Einteilung ist bis zu einem gewissen Grad relativ, da jede Lage der elektrischen Herzachse außerhalb der Norm verschieden stark nach rechts, wenn der Winkel α größer ist als 70°, oder nach links abweicht, wenn α kleiner als 30° ist (Lepeschkin 1957).

Die Richtung der elektrischen Herzachse wird bestimmt durch die Lage des Herzens im Brustkorb, durch Verzögerung in der intraventrikulären Leitung, durch Hypertrophie und Dilatation der Kammern. Wenn bestimmte Sportarten lange Zeit betrieben werden, kann dadurch eine Hypertrophie und tonogene Dilatation vorwiegend der linken oder rechten Herzkammer entstehen. Das ist auch der Grund, daß sich die elektr. Herzachse bei den Vertretern mancher Sportarten verlagert (Lang 1938, Reindell 1938/1939). Bei den meisten Literaturdaten bleibt aber der Einfluß des Alters und des Konstitutionstyps nicht berücksichtigt. Dies ist aber von entscheidender Bedeutung, denn nach den Angaben von Rautaharju (1959) tendiert

die elektrische Herzachse mit zunehmendem Alter zum Linkstyp und der Vektor kommt mehr in eine Horizontal-lage.

Bei unserem Kollektiv konnte folgendes ermittelt werden:

Altersgruppe	31 - 40	41 - 50	51 - 60
	17	23	5
+ 30 bis + 70°	58,8%	30,4%	40%
	64,6%	34,8%	40%
+ 29 bis - 30°	23,5%	47,9%	40%
	17,7%	43,5%	60%
+ 29 bis 0°	17,7%	39,2%	20%
	11,8%	30,4%	-
+ 71 bis +120°	17,7%	21,7%	20%
	17,7%	21,7%	-
+ 71 bis + 90°	11,8%	13,0%	20%
	17,7%	13,0%	-

Auch wir konnten die Tendenz der elektrischen Herzachse mit zunehmendem Alter zum Linkstyp feststellen, was mit den Ergebnissen von Rautaharju, Simonson und Key übereinstimmt.

Weiterhin war ein gewisser Einfluß der Kreislauftrainingskur auf die Lage der elektr. Herzachse zu verzeichnen, denn bei 5,8 % der 31-40jährigen und bei 4,4 % der 41-50jährigen war eine Zunahme des Normaltyps festzustellen, bei gleichzeitiger Abnahme des Linkstyps im

gleichen Prozentsatz.

Der Winkel zwischen den mittleren elektrischen Achsen der Zacke T und der QRS-Gruppe soll nach den Angaben von Tischler und Schuljabewa (1959) 45° nicht übersteigen. Holzmann (1961) dagegen nimmt 60° als oberste Grenze der Norm an.

Eine Vergrößerung des Winkelabstandes zwischen der elektrischen Achse der Zacke T und der QRS-Gruppe wird bei Infektionskrankheiten und bei pathologischer Hypertrophie der Herzkammer beobachtet (Piotrowski 1954). Sie kann auf funktionelle und morphologische Veränderungen im Myokard hinweisen (Saweljew 1952). In diesem Zusammenhang ist die Vergrößerung der Winkelentfernung als ein Zeichen dafür zu betrachten, daß die Funktionstätigkeit des Herzens herabgemindert ist.

Bei unseren Untersuchungen zeigte sich folgendes Bild:

Altersgruppe	$\bar{m}$	$\bar{AQRS}-\bar{AT}$	s		verkleinert	vergrößert
	vor	nach	vor	nach		
31-40	$27,3^{\circ}$	$23,6^{\circ}$	$17,2^{\circ}$	$13,3^{\circ}$	53 %	47%
41-50	$31,7^{\circ}$	$28,1^{\circ}$	$20,4^{\circ}$	20°	56,5%	43,5%
51-60	$23,5^{\circ}$	$33,7^{\circ}$	$8,4^{\circ}$	$29,6^{\circ}$	60 %	40%

wobei $\bar{m}$ = Mittelwert und s = Standardabweichung

Auch wir konnten bei den von uns untersuchten Probanden, bei denen der Winkelabstand zwischen den elektrischen

Achsen der T-Zacke und der QRS-Gruppe zwischen 40° und 60° lag, keinerlei Erkrankungen und andere Veränderungen im EKG beobachten, wonach dieser Winkelabstand als pathologisch anzusehen sei.

Gleichzeitig konnten wir bei über der Hälfte aller Probanden (siehe Tabelle) eine Verkleinerung des Winkelabstandes zwischen der mittleren elektrischen Achse der Zacke T und der QRS-Gruppe ermitteln, was nach den Angaben von Saweljew dahingehend zu werten ist, daß die Funktionstüchtigkeit des Herzens gesteigert ist.

In den folgenden Abschnitten über das Verhalten der Zacken R und S beschränken wir uns auf die Ergebnisse aus den unipolaren Brustwandableitungen, da in diesen Ableitungen eine genauere Beurteilung möglich ist.

Das Verhalten der R-Zacke

Die Zacke R hat in der Ableitung V_1 die kleinste Amplitude. Ihre Amplitude vergrößert sich in den Ableitungen V_2 und V_3 progressiv und erreicht in den Ableitungen V_4 und V_5 den größten Wert. In der Ableitung V_6 und V_7 geht sie wieder zurück.

Eine Vergrößerung der Amplitude der Zacke R auf 8 mm und mehr in der Ableitung V_4 , verglichen mit V_3 , deutet nach Angaben von Mellerowicz und Reindell auf die sogenannte physiologische Hypertrophie des Herzens hin. Darunter

versteht man allgemein eine Hypertrophie, bei der es bei einer Vergrößerung der Kontraktions- und Reservekräfte des Herzens nicht zu einer Störung des Stoffwechsels und der Durchblutung im Myokard kommt.

Bei unseren Untersuchungen stellten wir folgendes fest:

		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆ in (mm)
31-40	v	2,57	5,3	6,6	12,8	18,7	14,3
	n	2,35	5,5	10,8	18,1	15,8	10,7
41-50	v	2,4	6,5	8,1	13,1	18,0	14,1
	n	2,3	6,3	11,6	17,1	15,3	10,1
51-60	v	2,3	6,6	9,9	16,6	18,2	12,7
	n	2,0	7,7	14,0	20,8	16,1	8,8

Zunächst fanden wir eine signifikante Erhöhung der Amplitude der Zacke R in den Ableitungen V₃ und V₄ und eine signifikante Verkleinerung in V₆ bei den 31 - 40jährigen und 41 - 50jährigen (wobei $p = 0.05$). Bei den 51 - 60jährigen ergab sich kein signifikanter Unterschied der Amplitude der R-Zacke.

Außerdem war eine Vergrößerung der Amplitude der R-Zacke auf 8 mm und mehr in der Ableitung V₄ der Altersgruppe 31 - 40 J. bei 71,2 % in den Untersuchungen vorher und nachher festzustellen, in der Altersgruppe 51 - 60 J. bei 40 % vorher und nachher und in der Altersgruppe 41 - 50 J. bei 8,7 % vorher und bei 17,4 % nachher.

Auffallend war noch, daß bei der Untersuchung nachher in allen Altersgruppen die Amplitude der Zacke R schneller anstieg und bereits in der Ableitung V_4 ihren Maximalwert fand, in V_5 und V_6 wieder abfiel, während in den Untersuchungen vorher der Maximalwert erst in der Ableitung V_5 erreicht wurde (siehe Abb. 4-6).

Das Verhalten des Quotienten R/S

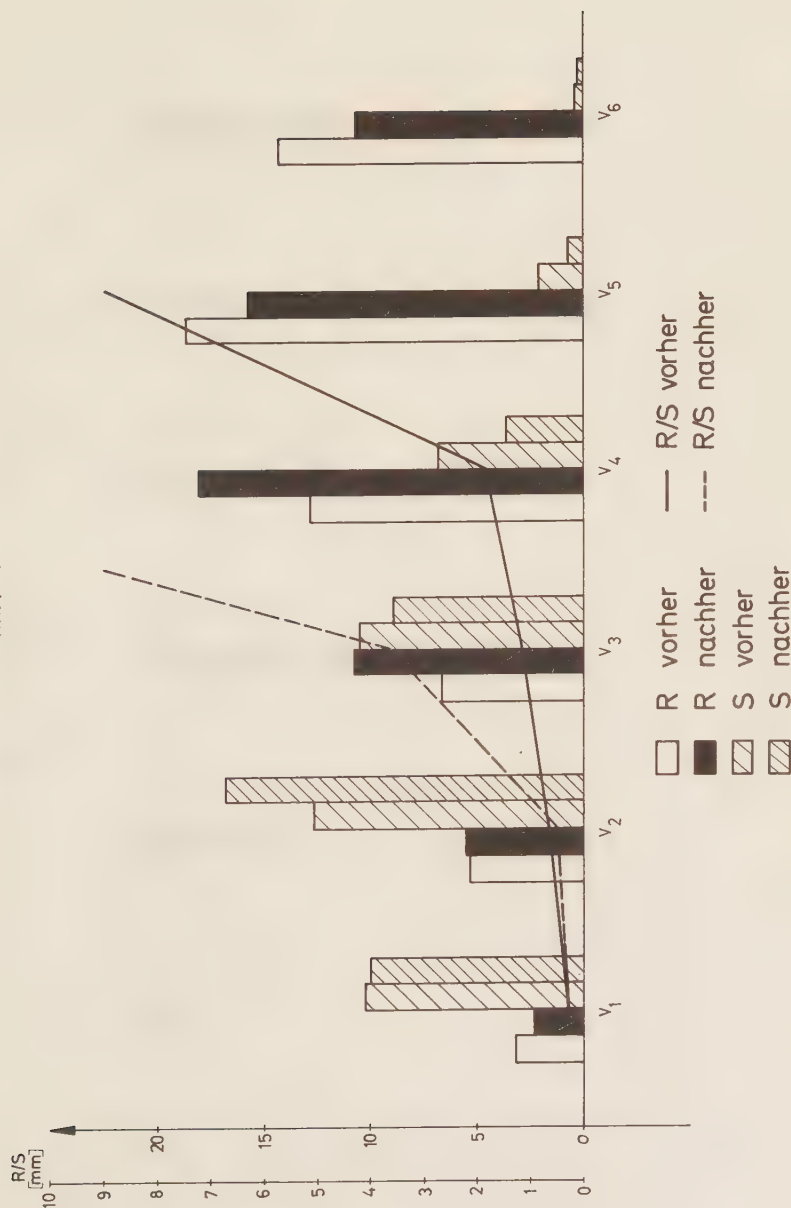
Die Zacken der QRS-Gruppe können in den unipolaren Brustwandableitungen genauer beurteilt werden, wenn das Verhältnis der Amplituden der R- und S-Zacke bestimmt wird. Zu diesem Zweck wird der Quotient aus der Division von R und S berechnet. Normalerweise ist er bei den rechten Brustwandableitungen kleiner als 1.

Nach den Angaben von Butschenko übersteigen die Mittelwerte des Verhältnisses R/S bei Sportlern diejenigen von gesunden Nichtsportlern nur um wenig, wogegen die maximalen Werte vor allen Dingen der linken Brustwandableitungen bei Sportlern beträchtlich größer sein sollen; so fand er bei seinen Untersuchungen in der Ableitung V_6 in 14 % der Fälle größere Werte als 22 für das Verhältnis R/S , was sich durch die Drehung des Herzens entgegen dem Uhrzeigersinn erklärt.

Bei unseren Untersuchungen an gesunden Nichtsportlern fanden wir folgendes:

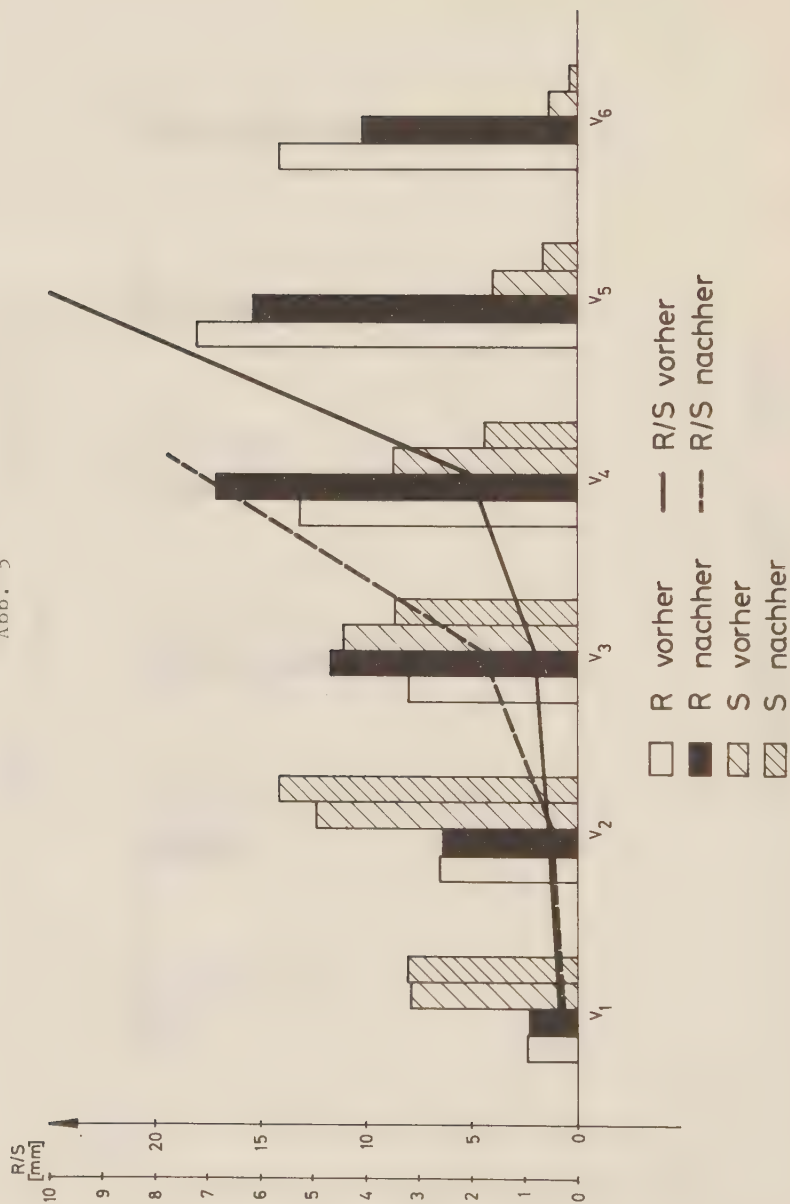
ALTERSKOLLEKTIV 31-40

Abb. 4



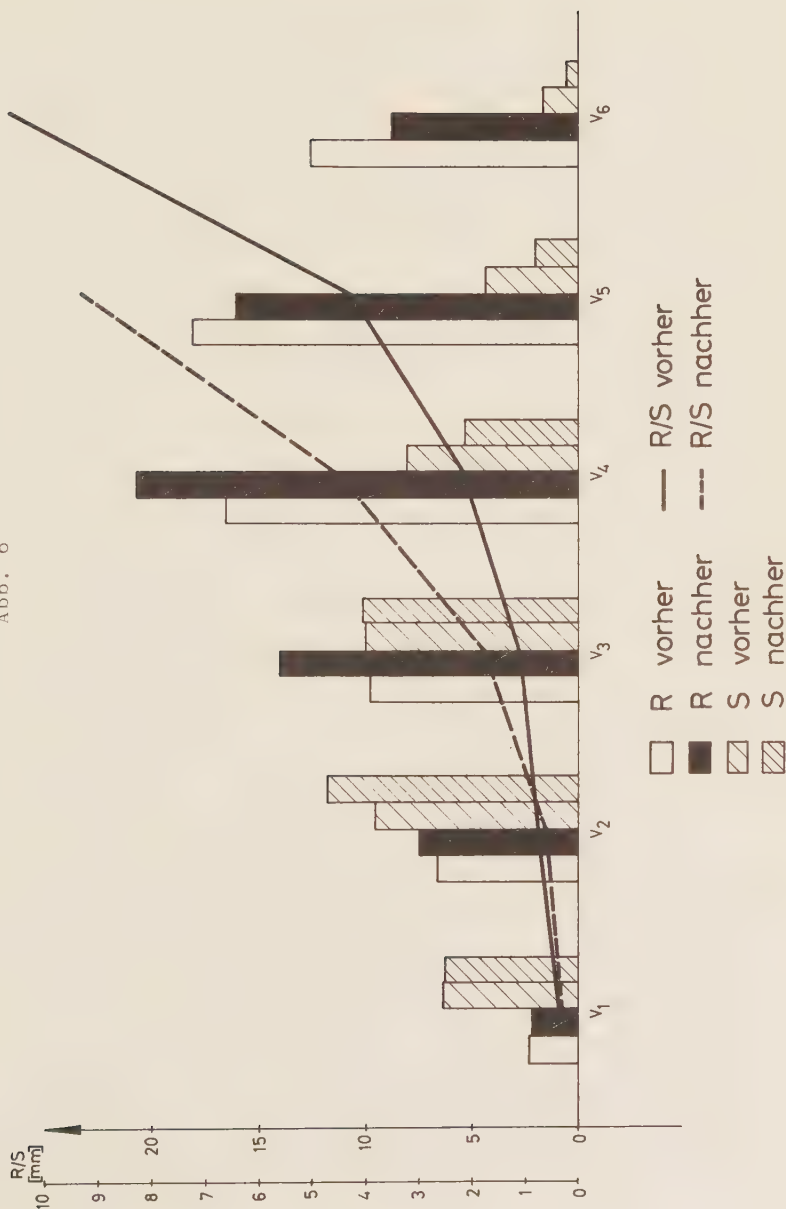
ALTERSKOLLEKTIV 41-50

Abb. 5



ALTERSKOLLEKTIV 51-60

Abb. 6



		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
31-40	v	0,27	0,66	1,1	1,8	9,0	35,0
	n	0,27	0,53	3,7	5,0	24,0	42,8
41-50	v	0,33	0,56	0,82	2,03	4,5	10,8
	n	0,31	0,51	1,77	7,17	11,7	25,2
51-60	v	0,38	0,77	1,09	2,2	4,38	10,65
	n	0,32	0,63	1,79	4,64	9,42	14,6

In allen Altersgruppen stiegen die Werte für den Quotienten R/S bei der Untersuchung nachher ab der Ableitung V₃ schneller an und waren ab Ableitung V₄ signifikant verschieden, während die Werte in den Ableitungen V₁ und V₂ unter denen von der Untersuchung vorher lagen, jedoch ohne signifikanten Unterschied (siehe Abb. 4-6). Der Wert 1 wurde in allen Ableitungen bei beiden Untersuchungen zwischen den Ableitungen V₂ und V₃ überschritten, mit einer Ausnahme, nämlich bei den Werten vorher in der Altersgruppe 41 - 50 J. wurde der Wert 1 erst zwischen V₃ und V₄ erreicht.

Weiterhin stellten wir fest, daß der Wert des Verhältnisses R/S in der Ableitung V₆ bei den 31 - 40jährigen bei 76,44 % vorher und bei 94 % nachher, bei den 41 - 50jährigen bei 39,2 % vorher und bei 60,9 % nachher und bei den 51 - 60jährigen bei 20 % vorher und bei 40 % nachher größer als 22 war. Dieses Ergebnis steht im Widerspruche zu den Angaben Butschenkos. Als

mögliche Ursache dafür scheint uns die Tatsache zu sein, daß in der Ableitung V_6 in 20 % der Fälle die S-Zacke fehlte, somit der Wert des Bruches R/S gegen unendlich geht.

Das Verhalten des Hypertrophie-Indexes

Nach den Angaben von Korth und Schmidt (1969) ist es heute möglich, von einem Hypertrophie-EKG zu sprechen, dessen Aussagewert zusammen mit anderen klinischen Befunden von großer Bedeutung ist.

Eine Herzhypertrophie ist die physiologische Antwort des Herzens auf eine länger dauernde Mehrarbeit, wobei es zu Wachstumsvorgängen an den Herzmuskelfasern kommt, die so lange anhalten, bis die Kraftentfaltung der Muskulatur wie bei einem normalen Herzen ist. Das hypertrophierte Herz ist daher im Hinblick auf die strukturellen Anpassungsvorgänge grundsätzlich als ein besonders leistungsfähiges Herz anzusehen. Das Muskelmassenverhältnis der einen zur anderen Kammer bildet sich elektrokardiographisch in der Größe der R-(S-) Zacken ab, die in der präkordialen Ableitungsreihe V_1 bis V_6 als ein guter Maßstab für die Gewichtsrelation beider Kammern angesehen werden darf und sich am besten in Relationskurven R/R+S darstellen läßt. Die Rechts-, Links- und Doppelhypertrophie wird in der Anhebung der Kurve rechts oder links oder rechts und links erkannt.

Bei unserem Kollektiv zeigte sich folgendes Bild:

(Siehe Abb. 7-9)

		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆ (in%)
31-40	v	19,8	29,0	36,8	62,5	87,6	96,9
	n	20,0	25,6	54,8	81,8	94,4	99,0
41-50	v	24,1	32,8	41,4	61,7	80,3	90,7
	n	22,2	29,5	55,3	79,5	91,4	95,9
51-60	v	26,8	41,2	49,1	65,8	79,6	87,2
	n	23,3	36,4	60,0	73,4	89,3	93,7

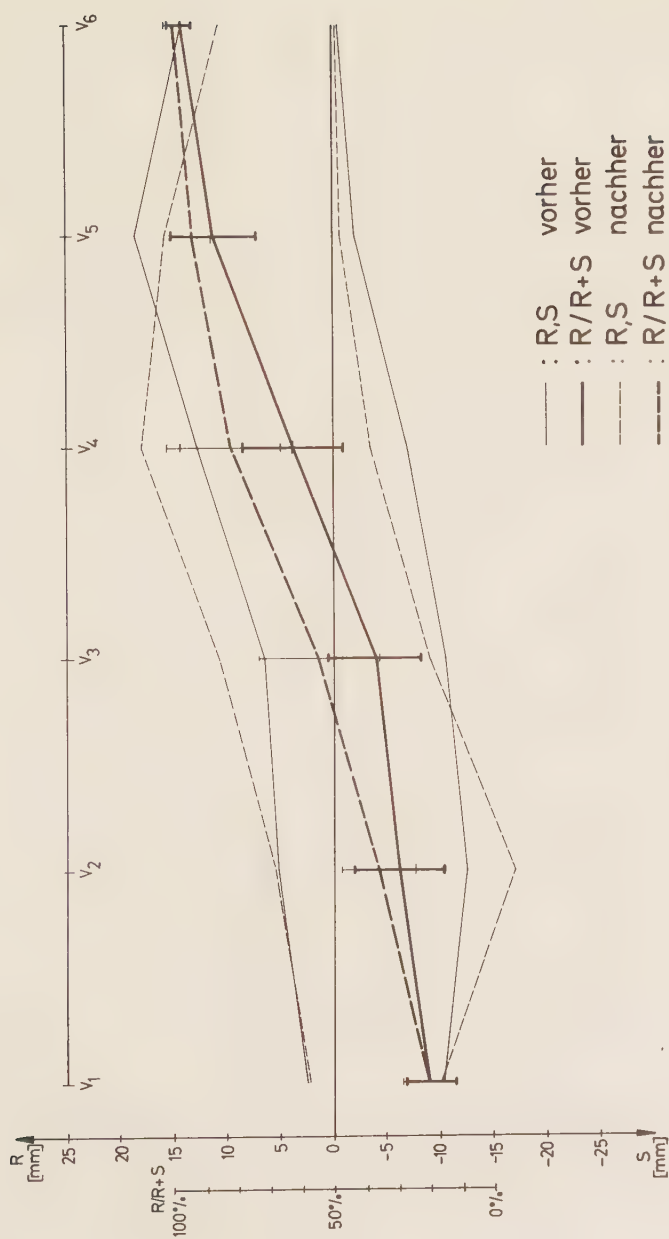
Zur Beurteilung unserer Ergebnisse ist folgendes zu sagen:

Sowohl bei der Altersgruppe der 31 - 40jährigen als auch bei den 41 - 50jährigen ist eine signifikante Erhöhung der Werte in den Ableitungen V₃ und V₄ vorhanden ($p = 0.01$). Diese signifikante Erhöhung findet sich bei den 41 - 50jährigen auch noch in den Ableitungen V₅ und V₆ und bei den 51 - 60jährigen in der Ableitung V₅. Anhand der Kurven ist ersichtlich, daß es sich in allen Altersgruppen um eine physiologische Linkshypertrophie handelt, die nach der Übungsbehandlung bei den 31 - 50jährigen etwas mehr linksbetont ist als vor der Kur.

Da man aber nach 4 Wochen sicher noch nicht von einer anatomischen Anpassung des Herzens an eine Mehrarbeit sprechen kann, muß man unter der Linksbetonung der

ALTERSKOLLEKTIV 31-40

Abb. 7



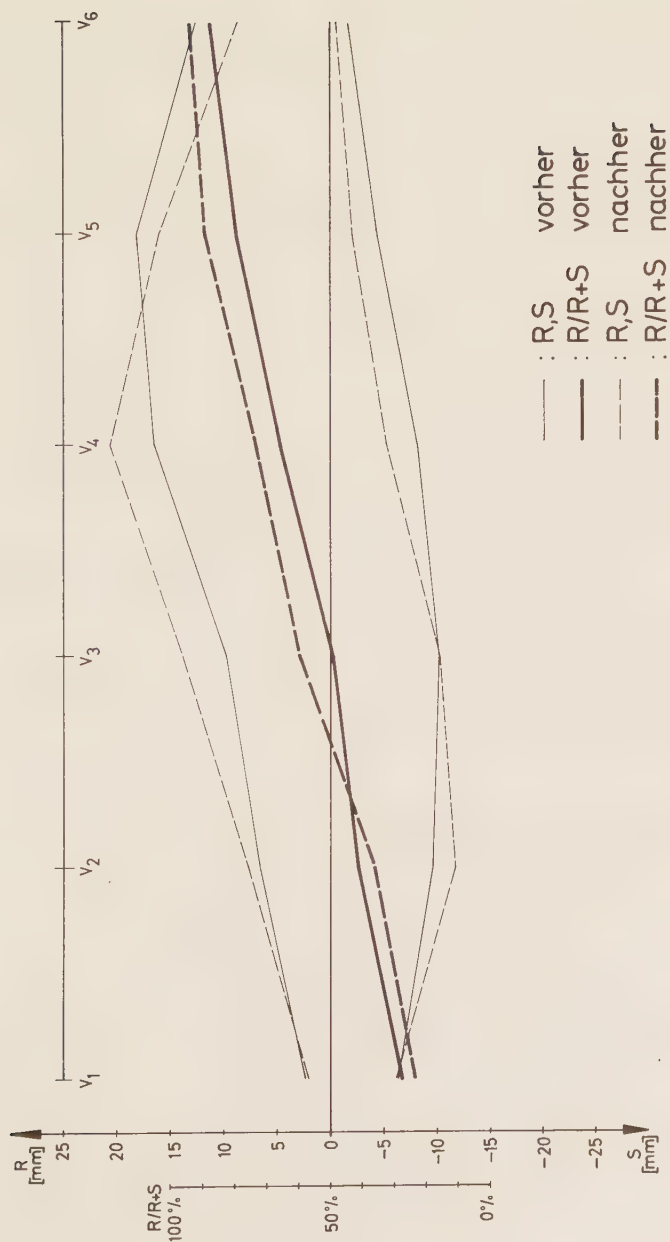
ALTERSKOLLEKTIV 41-50 a

Abb. 8



ALTERSKOLLEKTIV 51-60

Abb. 9



physiologischen Linkshypertrophie des normalen Herzens eine funktionelle Anpassung im Sinne einer tonogenen Dilatation verstehen.

Das Verhalten des Sokolow-Indexes

Der Sokolow-Index ist ein weiterer Parameter für die Erkennung einer Hypertrophie.

So weisen Werte von über 35 mm für den Index S_{V_1} und R_{V_5} auf eine Hypertrophie der linken, und Werte von über 10,5 mm für den Index R_{V_1} und S_{V_5} auf eine Hypertrophie der rechten Herzkammer hin (Sokolow und Lyon 1949). Butschenko fand, daß bei 31,4 % der von ihm untersuchten Sportler der Index S_{V_1} und R_{V_5} 35 mm übersteigt, während der Index R_{V_1} und S_{V_5} in 20 % der Fälle größer als 10,5 mm ist. Er sieht das als eine Variante der Norm für Sportler an und als ein Anzeichen für einen ausgezeichneten Funktionszustand des Herzens.

Unsere Untersuchungen ergaben folgendes Bild:

	$S_{V_1} + R_{V_5}$		$R_{V_1} + S_{V_5}$ (mm)	
	vor	nach	vor	nach
31-40	28,9	25,8	4,7	3,1
41-50	25,9	23,2	6,6	3,5
51-60	24,6	22,4	6,7	4,0

Für die Mittelwerte des Index S_{V_1} und R_{V_5} ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchungen in allen Altersgruppen, während sich die Mittelwerte für den Index R_{V_1} und S_{V_5} in allen Altersgruppen im Normbereich hochsignifikant verkleinerten ($p = 0.001$). Außerdem ergab sich für den Index S_{V_1} und $R_{V_5} > 35$ mm und R_{V_1} und $S_{V_5} < 10,5$ mm folgendes Bild:

	$S_{V_1} + R_{V_5} > 35$ mm		$R_{V_1} + S_{V_5} > 10,5$ mm	
	vor	nach	vor	nach
31-40	29,4%	5,9%	5,9%	0%
41-50	8,7%	13,0%	13,0%	0%
51-60	-	-	-	-

Das Verhalten des Quotienten R/T

Nach den Angaben von Butschenko wird die Beurteilung der Zacke T durch die Berechnung des Verhältnisses R/T wesentlich unterstützt. Normalerweise nimmt es von den rechten zu den linken Brustwandableitungen progressiv zu. Das Verhältnis R/T weist bei gesunden Nichtsportlern und Sportlern keine wesentlichen Unterschiede auf.

Nach Angaben aus der Weltliteratur liegen die Werte für gesunde Nichtsportler durchschnittlich in der Ableitung V_1 bei 1,4 und in der Ableitung V_6 bei 4,1.

Nach Angaben von Butschenko liegen die Werte für Sportler etwas niedriger, was durch die höheren T-Zacken bewirkt wird.

Bei unseren Untersuchungen ergaben sich folgende Werte: (siehe Abb. 10-12)

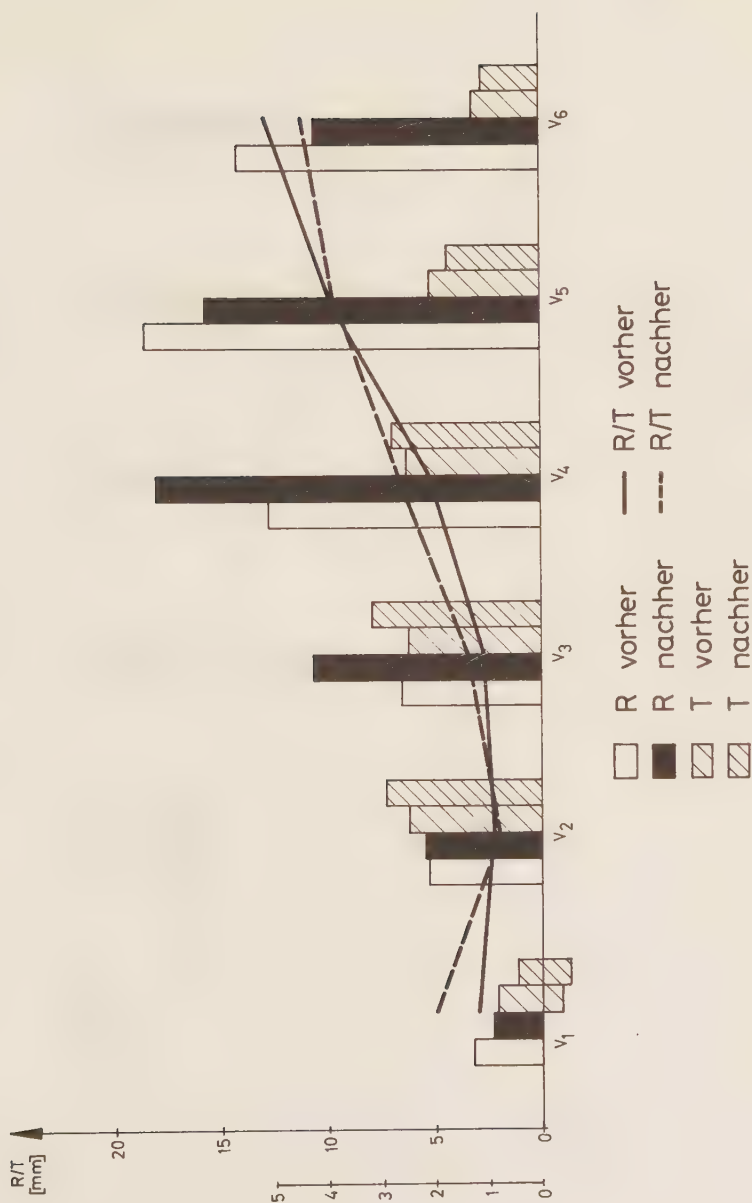
		V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6
31-40	v	3,0	0,9	1,1	2,1	4,0	5,2
	n	2,4	0,8	1,4	2,7	3,9	4,5
41-50	v	2,74	1,8	2,3	3,3	4,5	4,6
	n	1,77	1,55	2,6	3,8	4,4	4,7
51-60	v	2,5	1,5	2,0	3,2	4,1	4,2
	n	2,2	1,34	2,3	4,2	4,5	4,1

Es zeigte sich nun, daß unsere Durchschnittswerte sowohl vor als auch nach der Kur für das Verhältnis R/T in den Ableitungen V_1 und V_6 nicht mit den Angaben aus der Weltliteratur übereinstimmen, sondern jeweils größer sind.

Weiterhin nehmen die Werte nicht progressiv von der Ableitung V_1 zu V_6 hin zu, sondern wir fanden große Werte in der Ableitung V_1 , die nach V_2 hin abfielen und dann zur Ableitung V_6 hin langsam anstiegen, und zwar in allen Altersgruppen. Diesen atypischen Verlauf

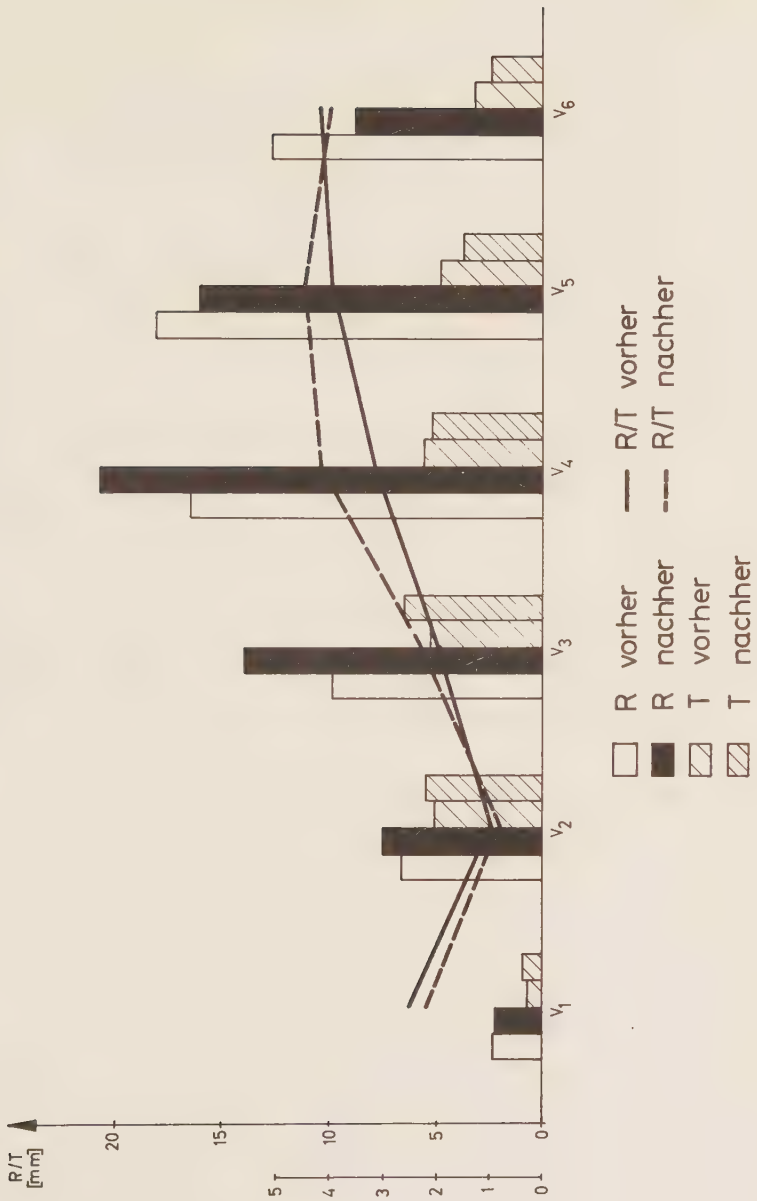
ALTERSKOLLEKTIV 31-40

Abb. 10



ALTERSKOLLEKTIV 51-60

Abb. 12



können wir uns bislang nicht erklären, zumal da nach der Kur in allen Altersstufen die Werte für die T-Zacke aus der Ableitung V_1 jeweils größer waren als die Werte vorher.

4. S C H L U S S F O L G E R U N G

Es läßt sich also feststellen, daß sich bei unserem Kollektiv von 45 Probanden im Ruheelektrokardiogramm der 31 - 40jährigen und 41 - 50jährigen nach einer vierwöchigen Kreislauftrainingskur charakteristische Veränderungen zeigten im Sinne einer ökonomischen Herz-Ausgangslage für die Leistung des Myokards. Prozentual zeigte das Alterskollektiv der 41 - 50jährigen die größten Veränderungen. Im Alterskollektiv 51 - 60 J. beobachteten wir kaum signifikante Veränderungen. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich in der geringen Anzahl von Probanden (5) zu sehen.

Auf alle Fälle kann man in unserem Fall von einem objektiven Erfolg dieser Kreislauftrainingskur sprechen, zumindest für die 31 - 50jährigen.

5. Z U S A M M E N F A S S U N G

Bei unseren Untersuchungen erfaßten wir ein Kollektiv von 45 Probanden im Alter von 31 - 60 Jahren. Hierbei handelt es sich um körperlich untrainierte Männer, bei denen die Indikation zu einer Kreislauftrainingskur gestellt worden war. Es galt, anhand des Ruhe-EKG Parameter zu finden, die die Veränderungen am Herzmuskel nach einer solchen Kur objektivieren könnten. Schließlich konnten wir folgende charakteristische Ergebnisse im Ruhe-EKG feststellen:

- 1.) Bei den 31 - 40jährigen war bei 58,8 % und in der Altersgruppe 41 - 50 J. bei 78,3 % eine signifikante Verbreiterung des RR-Abstandes und damit eine signifikante Erniedrigung der Herzfrequenz zu beobachten.
- 2.) Bei dem Verhältnis P/T zeigte sich eine signifikante Erniedrigung des Quotienten in der Altersgruppe 31 - 40 J. bei 53 % und in der Altersgruppe 41 - 50 J. bei 56,5 %.
- 3.) Für die relative QT-Dauer ergab sich bei den 31 - 40jährigen eine signifikante Erniedrigung des Quotienten QT/RR bei 64,7 % und bei den 41 - 50jährigen bei 82,6 %.
- 4.) Eine signifikante Erniedrigung zeigte sich weiterhin bei 69,6 % der 41 - 50jährigen für die maximale PQ-Zeit.
- 5.) Für die elektrische Herzachse ergab sich eine altersabhängige Verlagerung zum Linkstyp bzw. Horizontaltyp. So fanden wir in der Altersgruppe 31 - 40 J. bei 17,7 %, in der Altersgruppe 41 - 50 J.

bei 43,5 % und in der Altersgruppe 51 - 60 J. bei 60 % aller Fälle einen Linkstyp. Weiterhin ergab sich bei den 31 - 40jährigen eine Zunahme des Normaltyps um 5,8 % und bei den 41 - 50jährigen eine Zunahme von 4,4 %.

- 6.) Eine signifikante Vergrößerung der Amplitude der R-Zacke in den Ableitungen V_1 und V_2 sowie eine signifikante Verkleinerung in der Ableitung V_6 zeigten sich in den Altersgruppen 31 - 40 J. und 41 - 50 J.
- 7.) Die Amplitude der R-Zacke in der Ableitung V_4 vergrößerte sich um 8 mm und mehr gegenüber der Ableitung V_3 (17,4 % in Altersgruppe 41 - 50 J.)
- 8.) Der Quotient R/S erhöhte sich ab der Ableitung V_4 in allen Altersgruppen signifikant.
- 9.) Der Hypertrophie-Index R zu R+S wies in der Altersgruppe 31 - 40 J. in den Ableitungen V_3 und V_4 in der Altersgruppe 51 - 60 in der Ableitung V_5 und in der Altersgruppe 41 - 50 J. in den Ableitungen $V_3 - V_6$ jeweils eine signifikante Erhöhung der Werte auf.
- 10.) Der Index $S_{V_1} + R_{V_5}$ überstieg bei den 31 - 40jährigen in 5,9 % der Fälle und bei den 41 - 50jährigen in 13 % der Fälle 35 mm.

Literaturverzeichnis

Bauereisen, E. u. H. Reichel

Über die inotrope Wirkung der Herznerven

Klin. Wschr. 24/25, 1 (1946/47)

Blohmke, M., Stelzer, O. u. H. Stumpf

Die Wirkung der aktiven Übungsbehandlung auf die Herz- und Kreislaufreaktion gesunder Männer in Ruhe und während Belastung.

Z. Kreisl.-Forsch. 55, 329 (1966)

Blohmke, M., Schaefer, H. u. S. Dressler

Elektrokardiographische Befunde bei arbeitsfähigen Männern in Ruhe, nach Belastung und zu Beginn und am Ende einer Kur bzw. eines Urlaubs.

Arch. Kreisl.-Forsch. 52, 64 (1967)

Butschenko, L.A.

Das Ruhe- und Belastungs-Ekg bei Sportlern.

Leipzig 1967, Verlag J.A. Barth

Gross, D.

Über die Wechselbeziehung der P-Dauer zur QRS-Dauer im Ekg.

Z. Kreisl.-Forsch. 55, 721 (1966)

Herzum, A.

Ungewöhnliches elektrokardiographisches Bild bei einem gesunden Sporttreibenden.

Z. Kreisl.-Forsch. 30, 197 (1938)

Hollmann, W.

Der Arbeits- und Trainingsfluss auf Kreislauf und Atmung.

Dr. D. Steinkopff Verlag, Darmstadt 1959

Karvonen, M. u. A. Barry
physical activity and the heart - proceedings of a
symposium
Helsinki - Springfield I 1967

Koeplin, F.
Zur Beurteilung des Sportherzens
Cardiologica 15/57 (1949)

Korth, C. u. J. Schmidt
Klinische Elektrokardiographie
Urban und Schwarzenberg Verlag München, Berlin, Wien 1969

Landen, H.C.
Der Einfluss des Trainings auf die Leistungsfähigkeit
des menschlichen Herzens unter dem Gesichtspunkt der
ärztlichen Praxis.
Med. Klin. 1948

Lang, E.
Kleines EKG-Seminar
Dt. Medizinstudenten Verlag Köln 1968

Lemmerz, A.H, Schmidt, R. u. J. Kranemann
Die Deutung des Ekg
Verlag G. Braun, Karlsruhe 1970

Mellerowicz, H.
Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip
in Arbeit und Leistung.
Arch. Kreisl.-Forsch. 24, 102 (1956)

Pelling, W.
Dem "Manager" kann geholfen werden.
Sportmed. IV, 174 (1953)

Rautaharju, P.M., Karvonen, M.J. u. A. Keys
the mean spatial QRS and T-vectors in 468 healthy
Finnish men, aged 20 to 59 years.
Acta med. Scand. 67, 153 (1960)

Reindell, H. u. H. Klepzig
Herz-Kreislaufkrankheiten und Sport
Barth Verlag - München 1960

Reindell, H., Roskamm, H. u. Gerschler
Das Intervalltraining
J.A. Barth Verlag - München 1962

Roskamm, H.
Das Belastungs-Ekg
Boehringer Mannheim GmbH 1968

Simonson, E., Cady, L.D. u. M. Woodbury
the normal QT-interval
Amer. Heart J. 63, 747 (1962)

Soini, P.
Über die Wirkung des Sporttrainings auf Kreislauforgane
Medizinische 31/32, 1006 (1952)

Standberg, L.
Studies on electrocardiographic changes during exercise
test
Acta med. Scand. 169, Suppl. 365, 12 (1961)

Valentin, H., Venrath, H. u. H. Albrecht
Der Sport und die Leistungsfähigkeit des Herzens
Sportmed. 2, 20 (1963)

LEBENS LAUF

Name: Peter Gelius

Geburtsdaten: 30.6.1947, Wunsiedel

Eltern: Alfons Gelius, Betriebsleiter i.R.
Anny Gelius, geb. Probst

Geschwister: Bernd Röhrer

Ehegatte: Susanne Gelius, geb. Bieß, stud.phil.

Kinder: Florian Gelius

Schulischer
Werdegang:

1953 - 1957 Volksschule in Hohenbrunn
und Oeslau/Coburg

1957 - 1966 Ernestinum Coburg und
math.-nat. Gymnasium in Wunsiedel

Abiturzeugnis des math.-nat. Gymnasiums in Wunsiedel vom
19.7.1966

Akademische
Ausbildung:

Seit WS 1966/67 an der medizinischen
Fakultät in Erlangen

Vorphysikum vom 28.7.1967

Physikum vom 25.4.1969

Studienabschluß im Juli 1972



Buchdruckerei Ludwig Müller Erlangen Fahrstraße 5